



#5 Priority
Paper

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: LUKAS HOWALD ET AL. Docket No.: 01-352

Serial No.: 09/873,664 Examiner :

Filed : June 4, 2001 Art Unit :

For : SCANNING TIP AND PROCESS FOR ITS
PRODUCTION AND USE, PARTICULARLY
FOR A SCANNING PROBE MICROSCOPE

900 Chapel Street
Suite 1201
New Haven, CT 06510-2802

REQUEST TO ENTER PRIORITY DOCUMENT INTO RECORD

Hon. Commissioner of Patents and Trademarks
United States Patent & Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Please make of record the attached certified copy of German
Patent Application No. 100 27 060.3, filed June 5, 2000, the
priority of which is hereby claimed under the provisions of 35
U.S.C. 119.

I hereby certify that this correspondence is being
deposited with the United States Postal Service as first
class mail in an envelope addressed to: Commissioner
of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231

on August 13, 2001

Antoinette Sutto

Telephone and Mail No. of Attorney

8-1381

Date of signature

Respectfully submitted,

LUKAS HOWALD ET AL.

By


Robert H. Bachman
Attorney for Applicants

Area Code: 203
Telephone: 777-6628
Telefax : 865-0297

Date: August 13, 2001

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 27 060.3

Anmeldetag: 5. Juni 2000

Anmelder/Inhaber: Nanosurf AG, Liestal/CH

Bezeichnung: Abtastspitzen, Verfahren zur Herstellung und Verwendung derselben, insbesondere für die Rastersondenmikroskopie

IPC: G 12 B, G 03 F, B 82 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

Nano-P3



15

Abtastspitz n, Verfahren zur Herstellung und Verwendung derselben, insbesondere für die Rastersondenmikroskopie

Zusammenfassung

5.

Die Erfindung bezieht sich auf sogenannte Abtastspitzen (Tips) in Sonden, wie sie insbesondere für Rasterkraftmikroskope und andere abtastende Mikroskope, sog. Rastersondenmikroskope (Scanning Probe Microscopes), erforderlich sind, um ein Messobjekt abzutasten. Von der Feinheit der Spalte, d.h. deren möglichst kleinem Krümmungsradius, hängt die mit einem solchen Mikroskop mögliche Auflösung in erster Linie ab. Erfindungsgemäß dient als Material für die Abtastspitze ein fotostrukturierbares Material, z.B. ein Fotolack, der durch eine Maske belichtet wird und danach in an sich bekannter Weise entwickelt/gehärtet wird. Die unbelichteten Teile des Fotolacks werden, wie üblich, entfernt. Durch die Form der Belichtungsmaske, die vorzugsweise gerichtete Belichtung des Fotolacks und das nachfolgende Aushärten wird eine Spalte vorzugsweise seitlich auf oder an einem Träger (üblicherweise aus anderem Material) gebildet, die einen sehr kleinen und daher für die Rastersondenmikroskopie und ähnliche Anwendungen geeigneten Radius aufweist. Durch entsprechende Wahl der Maske und/oder des Belichtungswinkels lässt sich die Geometrie der Spalte, insbesondere deren Krümmungsradius und Kantenwinkel auch für andere Anwendungen, z.B. für Messtaster oder Profilometer, steuern.

25

Nano-P3

1

Abtastspitzen, Verfahren zur Herstellung und Verwendung derselben, insbesondere für die Rastersondenmikroskopie

Beschreibung

5

Technisches Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft sogenannte Abtastspitzen (Tips) in Sonden, wie sie insbesondere für Rasterkraftmikroskope und andere abtastende Mikroskope, sog. Rastersondenmikroskope (Scanning Probe Microscopes), erforderlich sind, um ein Messobjekt abzutasten. Von der Feinheit der Spitze, d.h. deren möglichst kleinem Krümmungsradius, hängt die mit einem solchen Mikroskop mögliche Auflösung in erster Linie ab. Im einzelnen betrifft die Erfindung eine neuartige Methode zur Herstellung solcher Abtastspitzen, Sonden mit nach dieser Methode hergestellten Abtastspitzen und schliesslich die Verwendung solcher Abtastspitzen in einem Rastersondenmikroskop.

Stand der Technik

In der Rastersondenmikroskopie wird als Sonde üblicherweise eine Abtastspitze verwendet, welche die Wechselwirkung zwischen der Sonde und einem Messobjekt, d.h. einer Probe, aufnimmt und einer geeigneten Elektronik zuführt. Für die Abtastung der Probe werden im wesentlichen zwei Methoden verwendet. Einmal die sogenannt statische Betriebsart, bei welcher die Sonde auf einem Federbalken oder Cantilever angebracht ist und in feiner Berührung (tatsächlich fast berührungslos) mit der Probe steht, und anderseits die dynamische Betriebsart, bei welcher die Sonde auf einem mechanischen Resonator angebracht ist und nahe über der Probenoberfläche schwingt. In der statischen Betriebsart werden die Auslenkungen des Federbalkens ausgewertet; in der dynamischen Betriebsart hingegen die Frequenz- oder Amplitudenänderung der Schwingung. Die Frequenz- oder Amplitudenänderung kann durch akustische Kopplung zwischen Sonde und Probe hervorgerufen sein - sog.

Nano-P3

2

akustische Nahfeldmikroskopie - oder, mit wesentlich höherer Auflösung, die bis zur molekularen oder atomaren Auflösung reicht, durch atomare Kräfte zwischen Sonde und Probe - sog. Kraftmikroskopie oder Atomic Force Microscopy, üblicherweise abgekürzt mit AFM. Die erreichbare Auflösung ist

5 bei all diesen Mikroskopen in grossem Masse von der Feinheit der Abtastspitze abhängig, d.h. von einem möglichst kleinen Radius an deren äusserster, der Probe gegenüberliegender Spitze.

Es liegt daher auf der Hand, dass für die Herstellung solcher Abtastspitzen
10 recht aufwendige Verfahren entwickelt werden und grosse Sorgfalt nötig ist, um die gewünschten, äusserst kleinen Spitzenradien überhaupt herzustellen. Beispiele sind in der Publikation von O. Wolter et al.: "Micromachined Silicon Sensors for Scanning Force Microscopy", veröffentlicht im Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol. 9(2), (März/April 1991), Seiten 1353 ff, zu
15 finden. Vielfach sind die Spitzen auch integriert in andere Bauteile der Mikroskope, insbesondere als Teil der Sonde ausgebildet, was ziemlich komplexe Herstellungsprozesse bedingt.

So ist beispielsweise im US-Patent 5 877 412 von Muramatsu ein Verfahren
20 zur Herstellung eines sog. Cantilevers für ein AFM, also eines schwingungsfähigen Auslegers, beschrieben, in dessen Ende eine einkristalline Quarzspitze integriert ist. Hier ist die Abtastspitze also voll in den Cantilever integriert, d.h. ein Teil des Cantilevers. Das komplexe Herstellungsverfahren einer solchen Sonde ist im erwähnten Patent eingehend beschrieben.

25 Im US-Patent 6 006 594 von Karrai et al. ist eine Sonde für ein AFM dargestellt, dessen Abtastspitze aus einer auf einen Cantilever aufgeklebten Wollramspitze besteht. Hier wird die Abtastspitze als getrenntes Bauteil hergestellt und dann mit einem anderen Teil der Sonde verbunden, nämlich dem schwingenden Cantilever, dessen Frequenzänderung die Messgrösse darstellt.

T. Akiyama et al. stellen im IEEE Journal of Microelectromechanical Systems, Vol 8(1), 1999, Seiten 65-70, ein Verfahren vor, bei dem Silizium-Spitzen in einem Batchverfahren auf Cantilever transferiert werden.

5

Schliesslich beschreiben G. Genolet et al. in Rev. Sci. Instr., Vol 70, 1999, Seiten 2398 ff., ein interessantes Herstellungsverfahren für ganze Cantilever aus Fotolack, wobei die Abtastspitze sozusagen integriert ist in einen Fotolack-Cantilever für Rastersondenspektroskopie. Insgesamt zielt die darin vorgestellte

10 Lösung auf die Herstellung preiswerter Cantilever, von denen mehrere in einer Art Kassette angeordnet sind. Sollte der "aktive" Cantilever beschädigt werden, wird er mechanisch abgebrochen und entfernt. Danach wird ein "Reserve"-Cantilever aus der Kassette in Abtastposition gefahren und aktiviert.

15 Den beschriebenen Verfahren zur Herstellung von Abtastspitzen auf oder an Cantilevern haftet an, dass sie alle mehr oder minder komplex sind, und dass die Spitzen z.T. nur im Vakuum, in Reinräumen, in Formen oder unter ähnlich beschränkten Bedingungen herstellbar sind. Dies macht die Herstellung langwierig und teuer. Etwas einfacher stellen sich Verfahren dar, bei denen die

20 Spitzen nachträglich auf einen vorfabrizierten, sozusagen fertigen Cantilever aufgebracht werden, jedoch sind die bekannten Verfahren zum nachträglichen Aufbringen von Spitzen (in einem Parallelprozess) auf schon bestehende Federelemente oder Cantilever so geartet, dass die Spitzen senkrecht zur Ebene stehen müssen, in der die Federelemente liegen.

25

Wie bereits angedeutet, ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von Abtastspitzen und ähnlichen Einrichtungen anzugeben, das einfacher ist - und damit preiswerter - als die bisherigen Herstellungsverfahren. Auch soll die nachträgliche Anbringung von Abtastspitzen auf vor-

30 handene Strukturen möglich sein. Dabei sollen keine Abstriche in der Qualität

Nano-P3

4

der Abtastspitzen oder deren Eignung für hochauflösende Messungen gemacht werden. Der besondere Vorteil der Methode ist die Möglichkeit, Spitzen seitlich an den vorhanden Strukturen anzubringen, das heisst bei einem Parallelprozess innerhalb der Ebene der vorhandenen Strukturen.

5

Die Erfindung

Ganz allgemein ausgedrückt besteht die Erfindung darin, dass als Material für die Abtastspitze ein Fotolack, allgemeiner ausgedrückt, ein fotostrukturierbares Material, verwendet wird und durch Belichten dieses Materials und nachfolgendes Entwickeln eine Spitz mit einem für die Rastersondenmikroskopie geeigneten Radius erzeugt wird. Derartige Abtastspitzen seien nachfolgend als "Plastikspitzen" bezeichnet.

Während nach dem o.g. Verfahren nach Genolet, ein mechanisches Abformen senkrecht zur Substratoberfläche für die Strukturierung erfolgt, wird im erfundungsgemässen Verfahren für die Formgebung eine gerichtete, "schiefwinklige" Fotobelichtung benutzt und die Spitzensstruktur insbesondere seitlich am bestehenden Element, z.B. dem Cantilever, angebracht. Insbesondere letzteres ergibt, wie weiter unten erläutert, einen Vorteil, der mit den bekannten Verfahren nicht erzielbar ist.

Weiterhin besteht die Erfindung in einem Verfahren, solche Plastikspitzen in einem Parallelprozess direkt auf Quarz-Cantilevern herzustellen, wobei als Spitzensmaterial vorzugsweise der sog. SU-8 Fotolack verwendet wird, der auf Epoxydharzbasis beruht und vor allem in der Mikrotechnologie eingesetzt wird, dort meist als Ätzmaske.

Die Erfindung betrifft ausserdem die erzeugten Plastikspitzen und ihre Verwendung, insbesondere in der Rastersondenmikroskopie.

30

Nano-P3

Der ungewöhnliche Ansatz der Erfindung besteht darin, dass ein Zwischen-
schritt und das dabei verwendete Material einer speziellen Herstellungstech-
nologie, hier der Halbleiterfertigung, für einen anderen Zweck und ein neues
Ergebnis verwendet wird. Zwar wird dies bereits in der Publikation von Genolet
5 et al. angedeutet, aber nicht konsequent bis zum Ende durchgeführt. Vor
allem ist die Möglichkeit der Anfertigung (oder Reparatur) *in situ* überhaupt
nicht erkannt, da ein völlig gegensätzlicher Ansatz, nämlich der einer nach-
schiebbaren Reservespitze gewählt wurde. *In situ* bedeutet hier, dass die
Plastikspitzen im Wafer an eine bereits vorliegende (massenfabrizierte) Struk-
10 tur angeformt werden könnten.

Damit wurde von Genolet et al. ein besonderer Vorteil, dass nämlich die Verar-
beitung des Fotolackmaterials in normaler Umgebung, also ohne Vakuum,
Reinraum oder dergleichen Beschränkungen, durchgeführt werden kann,
15 überhaupt nicht genutzt.

Ein weiterer, ganz allgemeiner Vorteil ist, dass die für die Mikroelektronik ent-
wickelten Herstellungsverfahren derzeit einen enorm hohen technischen Stan-
dard erreicht haben. Diese Technologie und die dazu erforderlichen Einrich-
20 tungen sind marktgängig und daher mit vertretbarem Aufwand in hoher Qualität
erhältlich.

Auch dadurch lässt sich die Erfindung einfach an unterschiedliche Gegeben-
heiten anpassen und kann in einfacher Weise modifiziert werden. So kann sie
25 zur Herstellung von Abtastspitzen ebenso benutzt werden wie zur Anbringung
zusätzlicher Spitzen an einer Sonde. Andererseits kann die Erfindung auch
dazu dienen, mikromechanische Sensoren oder Sonden herzustellen oder zu
reparieren, die in anderen Vorrichtungen als Rastersondemikroskopien ver-
wendet werden, z.B. in Profilometern und Messtastern. Für letztere kommt es
30 nicht notwendigerweise auf extrem kleine Spitzen-Krümmungsradien an, son-

Nano-P3

6

dern häufig auf eine optimal kontrollierte Geometrie der Spitze. Dies ist beim erfindungsgemässen Verfahren ohne weiteres möglich durch entsprechende Ausbildung der Maske, d.h. deren Form und Grösse, und durch entsprechende Wahl des Winkels, unter dem die Belichtung des fotostrukturierbaren Materials

5 erfolgt.

Insbesondere eignet sich die Erfindung zur Herstellung von hochwertigen Cantilevern, indem Spitzen nachträglich auf vergleichsweise preiswerte, massen-fabrizierte Stimmgabelquarze aufgebracht werden.

10

Durch die Möglichkeit der seitlichen Anordnung am Cantilever kann ausserdem die Spitze bereits dann angebracht werden, wenn sich der Cantilever (zusammen mit einer Vielzahl von identischen) noch "in situ" im Wafer befindet, womit wiederum eine präzise und kostengünstige Massenherstellung ermöglicht wird.

15

Weitere Anwendungen und Ausführungsformen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele und aus den Patentansprüchen.

20 **Ausführungsbeispiel**

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung in Verbindung mit den Zeichnungen näher beschrieben. In diesen zeigen die Figuren 1a-1d verschiedene Verfahrensschritte und schliesslich das Ergebnis dieser Schritte.

25

Als erstes wird die Maske präpariert. Wie oben bereits erwähnt, ist bei der Anwendung im AFM der Krümmungsradius der Abtastspitze das entscheidende Güte-Kriterium - je kleiner, desto besser. Die "Schärfe" der Spitze hängt nun in erster Linie von den Massen und der Auslegung der benutzten Maske ab. Für eine optimale lithografische Auflösung ist eine Quarz-Maske am besten geeignet. Mit einer quadratischen Fünf-Zoll-Maske, aufgeteilt in vier Teile,

30

.Nano-P3

wurden die besten Ergebnisse erzielt. Dies deswegen, da

- a). die Maske so klein sein muss, dass sie in den engen Raum der benutzten Ausrichteinrichtung passt, wenn letztere geneigt wird; und
- b). auf diese Art vier im wesentlichen identische Masken in einem Arbeitsgang erhalten werden.

Der Maskenhersteller garantiert 0,7 µm Öffnung an der kritischsten Stelle oder Ecke. Dieses Mass sollte so klein wie möglich sein um möglichst scharfe Spitzen zu erzielen. Durch Elektronenstrahl-Lithografie und/oder Proximity-Effekte liesse sich dieses Mass noch weiter verkleinern, doch ist dieser Aufwand nicht immer notwendig.

Im nächsten Schritt wird der Cantilever oder dasjenige Bauteil, auf den die Spitze aufgebracht werden soll, präpariert. In Fig. 1a ist dieser Cantilever als "Tuning Fork" bezeichnet. Im gezeigten und beschriebenen Beispiel wird ein entsprechender Halbleiterwafer mit $H_2SO_4 + H_2O_2$ gereinigt, um jegliches organische Material von der Oberfläche zu entfernen. Da Gold beispielsweise von H_2SO_4 nicht angegriffen und beseitigt wird, ist es vorzuziehen, den für das benutzte Photoresist-Material, hier EPON SU-8 (z.B. von den Firmen Micro Resist Technology oder SOTEC), vorgesehenen Primer zu benutzen. In diesen kann der Wafer getaucht werden und danach getrocknet werden, oder der Wafer kann dem Primer in gasförmigen Zustand ausgesetzt werden.

Der eigentliche Prozess, hier beispielhaft beschrieben, läuft nun folgendermassen ab. In den Figuren ist links der jeweilige Prozessschritt im Schnitt dargestellt; rechts dagegen in der Draufsicht.

- Die Maske ("Glass Mask" in Fig. 1a) wird bei 200°C für 30 Minuten getrocknet. Dies ist nur nötig, wenn kein Primer verwendet wird.

- Auf die Maske wird eine dünne Schicht Hexamethyldisilizane (HMDS) aufgebracht. Diese Schicht verhindert zu gutes Haften des SU-8 Fotolacks und erleichtert damit die Ablösung der später erzeugten Fotolack-Blöcke. Im Beispiel wurde das HMDS in bekannter Weise zweimal aus der Gasphase abgelagert.
- Der Cantilever-Wafer ("Tunig Fork" in Fig. 1a) wird auf die Maske gelegt und ausgerichtet. Dies kann manuell unter einem optischen Mikroskop geschehen.
- Nun wird der Fotolack aufgebracht. Im Beispiel wird zuerst mittels weniger Tropfen des Fotolacks der Cantilever-Wafer auf der Maske gehalten und dann der grössere Teil des Fotolacks durch sog. Spin-Coating aufgebracht. Genau wurden hier 5 Sekunden lang 500 Touren/Minute und 60 Sekunden lang 2000 Touren/Minute benutzt. Es ist allerdings auch möglich, den Fotolack ohne Spin-Coating aufzubringen indem man einige Tropfen aufträgt und den Wafer entsprechend schräg hält, damit der Fotolack verläuft.
- Der Wafer wird nun auf einer Heizplatte vorgebacken. Dabei ist es notwendig, zur Vermeidung von unerwünschten Blasen im Fotolack die Temperatur graduell zu erhöhen, beispielsweise die Heizplatte innert 10 Minuten von 40°C auf 95°C und dann für 70 Minuten auf 95°C zu halten. Das Abkühlen danach muss ebenfalls vorsichtig geschehen. Vorzugsweise wird dafür eine programmierbare Heizplatte verwendet.
- Nachfolgend, wie in Fig. 1b gezeigt, wird der Fotolack belichtet. Im Beispiel wird eine Belichtung von 250 mJ/cm² für ca. 18 Sekunden vorgenommen. Dabei wird die Maske durch einen kleinen Metallrahmen (oder andere geeignete Massnahmen) so gegenüber der UV-Quelle gehalten, dass das UV-Licht der Fotolack in einem Winkel von 30 Grad beleuchtet. Hier kann auch

Nano-P3

eine einfache UV-Lampe benutzt werden, die entsprechend geneigt angewendet wird.

- Das Backen nach der Belichtung erfolgt entweder für 10 Minuten bei 120°C oder für 60 Minuten bei 50°C, beides auf einer Heizplatte. In beiden Fällen erfolgt die Polymerisation einwandfrei. Die höhere Temperatur erzeugt offensichtlich einen höheren thermischen Stress, der wiederum die Ablösung der Blöcke aus Fotolack von der Maske erleichtert. Allerdings kann die höhere thermische Belastung auch zu Brüchen im Halbleiter-Wafer führen.
- Danach erfolgt die Entwicklung des Fotolacks in Propylen Glykol Monomethylether-Acetat (PGMEA, z.B. von der Firma FLUKA) bei Raumtemperatur. Im Beispiel wurde ca. 12 Stunden entwickelt; dies scheint insgesamt unproblematisch. Der Fotolack sollte in der Entwicklungslösung nach unten gerichtet sein.
- Danach wird der Wafer in Isopropylalkohol gewaschen und anschliessend getrocknet. Dies ist in Fig. 1c gezeigt.
- Nun wird der Wafer (die "Tuning Fork") mechanisch von der Maske getrennt, an der er durch Photoresist-Rückstände haftet. Der fertige Wafer mit der neuen Spitze ist in Fig. 1d dargestellt und kann nun eingesetzt werden.

Aus dem Gesagten ist klar erkennbar, dass das Verfahren gemäss der Erfahrung ohne grosse Schwierigkeit an bestehenden Strukturen eingesetzt werden kann, da weder extreme Temperaturen notwendig sind noch gravierende Beschränkungen auftreten. Auch ist offensichtlich, dass das Verfahren keine extreme genau einzuhaltenden Randbedingungen erfordert, so dass ein Gelingen einer Spalte oder einer anderen herzustellenden Form, gleich für welchen

Nano-P3

00-00-00

10

Zweck, mit grosser Wahrscheinlichkeit gegeben ist. Das Verfahren lässt sich ausserhalb des Reinraums in normaler Laborumgebung anwenden.

Natürlich lässt sich dieses einfache und robuste Verfahren bei prinzipiell gleicher oder ähnlicher Wirkungsweise modifizieren, auch dies sollte eine Fachperson ohne Schwierigkeiten durchführen können. So kann das im obigen Beispiel beschriebene, hochausflösende (negative) Fotoresist-Material EPON SU-8, das sich als besonders geeignet erwiesen hat, z.B. durch das (positive) AZ 4262 oder 4562 der Firma Hoechst ersetzt werden.

10

Auch ist der im Ausführungsbeispiel angegebene Winkel von 30° für die gerichtete Schrägbelichtung keinesfalls immer der ideale Winkel für beste Ergebnisse, sondern muss je nach Grösse und Form der Maske und der gewünschten Lackspitze modifiziert werden. Wichtig ist aber, dass die Belichtung nicht senkrecht, sondern schräg zur Cantilever-Oberfläche erfolgt.

15

Es ist auch offensichtlich, dass das Verfahren, wie eingangs erwähnt, an einer Vielzahl von Cantilevern, die sich am Ende ihres eigenen Herstellungsprozesses noch ungeteilt im Wafer befinden, sozusagen parallel ausgeführt werden kann, indem eine entsprechend ausgebildete Vielfachmaske gemäss der Erfindung eingesetzt wird und damit eine Vielzahl von Spitzen gleichzeitig erzeugt wird.

20

Lackspitzen gemäss der Erfindung haben sich als besonders geeignet erwiesen beim Mikroskopieren von weichen Proben, also Proben mit einer elastischen oder plastischen Oberfläche, wie sie beispielsweise bei der Untersuchung von organischen Materialien und Geweben anfallen. Auch für Untersuchungen im Vakuum haben sich Sonden mit Lackspitzen gemäss der Erfindung als äusserst vorteilhaft erwiesen.

25

30

Nano-P3

11

Die Verwendung von Lackspitzen mit grösseren Krümmungsradien und/oder bestimmten Kantenwinkeln kann für andere Anwendungen als der Rastersondenmikroskopie angezeigt sein, beispielsweise bei Profilometern oder Messtastern für spezielle Zwecke. Dies wurde oben bereits erwähnt.

5 Für die Fachperson sollte es ohne Mühe möglich sein, in solchen Fällen die Belichtungsmaske entsprechend zu gestalten und insbesondere den Belichtungswinkel so zu wählen, dass das gewünschte Spitzenprofil erzeugt wird. Auch ist es denkbar, die Profilgestaltung mittels der Variation des verwendeten Fotolacks noch weiter den gegebenen Notwendigkeiten anzupassen.

10

Diese und ähnliche Erweiterungen und Modifikationen sollen von den nachfolgenden Patentansprüchen natürlich ebenfalls umfasst werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung und/oder Reparatur von sehr feinen Spitzen aus einem fotostrukturierbaren Material auf einem Träger, insbesondere zur Verwendung in der Rastersondenmikroskopie, dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Träger auf einer Belichtungsmaske ausgerichtet wird, deren Belichtungsausschnitt der herzustellenden oder zu reparierenden Spalte entspricht,
 - das fotostrukturierbare Material auf die Belichtungsmaske und/oder den Träger aufgebracht wird,
 - über die Belichtungsmaske eine Belichtung des fotostrukturierbaren Materials vorgenommen wird,
 - in an sich bekannter Weise das belichtete fotostrukturierbare Material gehärtet und das unbelichtete entfernt wird und
 - der Träger mit der Spalte und die Belichtungsmaske voneinander gelöst werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtung gerichtet, insbesondere schräg in Richtung auf die Spalte zu, erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtung unter einem Winkel von ca. 30° zur Senkrechten auf der Belichtungsmaske und/oder zur Oberfläche des Trägers erfolgt.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die herzustellende oder zu reparierende Spalte auf der Belichtungsmaske aufliegt.

Nano-P3

13

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Ausrichten des Trägers eine geringe Menge des fotostrukturierbaren Materials auf die Belichtungsmaske aufgebracht wird, so dass der Träger auf letzterer haftet.
10. 6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trennschicht vorgesehen ist zum leichteren Ablösen des Trägers mit der Spitze von der Belichtungsmaske.
15. 7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise SU-8 als Fotolack verwendet und für dessen Aufbringen das sog. Spin-Coating benutzt wird.
20. 8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungsmaske vorzugsweise aus Quarz besteht und der Belichtungsausschnitt einen Radius der Spitze von weniger als $1 \mu\text{m}$, vorzugsweise ca. $0,7 \mu\text{m}$, aufweist.
25. 9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Form und Ausschnitt der Belichtungsmaske und/oder der Belichtungswinkel derart gewählt werden, dass eine Spitze mit vorbestimmtem Radius und/oder Kantenwinkel entsteht.
30. 10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei - eine Vielzahl von Trägern sich ungeteilt auf einem Wafer befindet,

Nano-P3

- die Belichtungsmaske eine Vielzahl von entsprechend angeordneten Belichtungsausschnitten aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
- das fotostrukturierbare Material auf die Belichtungsmaske und/oder die Träger aufgebracht wird,
- Über die Belichtungsmaske eine gleichzeitige, schräge Belichtung aller vorgesehenen Träger auf dem Wafer erfolgt und das belichtete fotostrukturierbare Material gehärtet und das unbelichtete entfernt wird, und
- die Belichtungsmaske von dem Wafer abgelöst wird.

10 11. Sonde, insbesondere für die Verwendung in der Rastersondenmikroskopie, dadurch gekennzeichnet, dass
an oder auf einem vorzugsweise aus Halbleiter- oder Quarzmaterial bestehenden Träger, der insbesondere den Cantilever eines Rastersondenmikroskops darstellen kann, eine Spitze aus einem gehärteten Fotolack von der Seite her hergestellt und/oder angebracht ist.

15 12. Sonde nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass
die Spitze aus Fotolack mittels eines aus der Halbleiterfertigung an sich bekannten Verfahrens, insbesondere nach der Herstellung des Trägers, hergestellt bzw. angebracht ist.

20 13. Verwendung einer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9 hergestellten Spitze oder einer nach den Anträgen 11 oder 12 ausgebildeten Sonde in einem Rastersondenmikroskop, insbesondere für die Untersuchung sog. weicher Proben und/oder im Vakuum oder bei niedrigem Druck.

25

Nano-P3

05.06.00

1/1

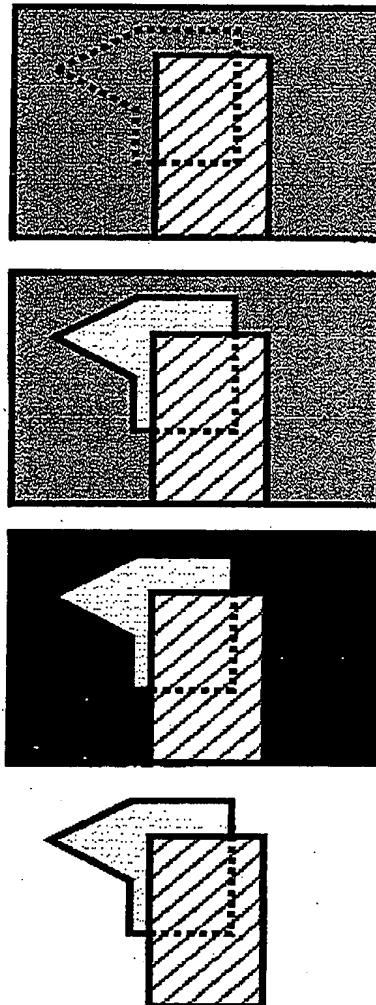
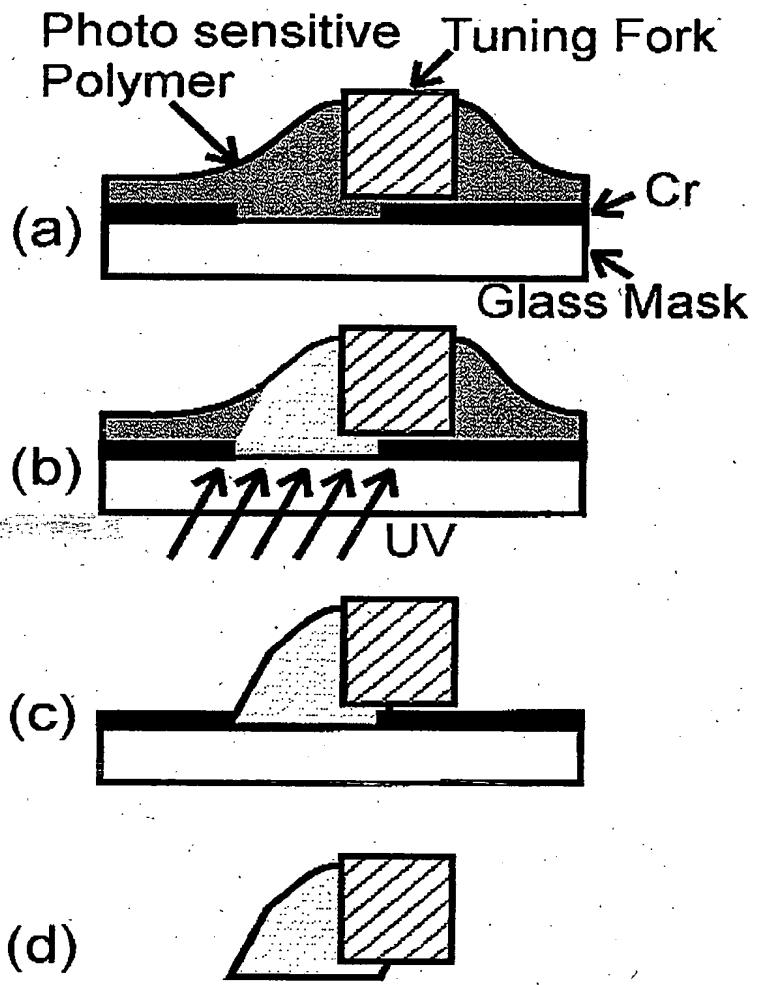


Fig. 1